

## PEMBENTUKAN KERAK KALSIUM KARBONAT ( $\text{CaCO}_3$ ) DI DALAM PIPA BERALIRAN LAMINER PADA LAJU ALIR 30 ml/menit HINGGA 50 ml/menit DAN PENAMBAHAN ADITIF ASAM MALAT

Hisyam Ma'mun<sup>1\*</sup>, A.P. Bayuseno<sup>2</sup>, S. Muryanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang - Semarang 50275.

<sup>2</sup> Program Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang - Semarang 50275.

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNTAG  
Jl. Bendhan Dhuwur, Semarang 50233.

\*Email: doendoeldoet@gmail.com

### Abstrak

Pengerakan merupakan masalah yang kompleks dan selalu terjadi di dalam suatu industri. Terjadinya kerak karena proses alami adanya reaksi kimia antara kandungan-kandungan yang tidak dikehendaki yang terlarut di dalam air. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah salah satu komponen utama dari kerak yang banyak dijumpai. Akibat adanya pengerakan ini akan merugikan yaitu mempertebal dinding pipa yang dilewati cairan dan dapat mempengaruhi laju aliran ataupun perpindahan panas. Oleh karena itu harus dilakukan pencegahan untuk menghambat pertumbuhan kerak dalam pipa tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen tentang pertumbuhan kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam pipa uji, dengan mereaksikan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan laju alir 30 ml/menit, 40 ml/menit, dan 50 ml/menit dengan konsentrasi larutan 3500 ppm  $\text{Ca}^{2+}$  sebagai salah satu parameter proses pertumbuhan kerak. Asam malat ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ ) ditambahkan ke dalam larutan sebagai impuritas. Adapun pipa uji berisi empat pasang kupon terbuat dari tembaga. Pembentukan kristal kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) diprediksi dapat diketahui dari menurunnya nilai konduktivitas larutan pada waktu percobaan sehingga waktu induksinya pun dapat diketahui. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan laju alir dari 30 ml/menit ke 50 ml/menit mempercepat waktu induksi. Dengan penambahan aditif asam malat ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ ) 3 ppm dan 5 ppm menambah/memperlambat waktu induksi.

**Kata kunci:** asam malat, kerak  $\text{CaCO}_3$ , laju alir

## 1. PENDAHULUAN

Pengerakan (*scaling*) merupakan masalah yang kompleks dan selalu terjadi di dalam suatu kegiatan industri terutama pada alat-alat seperti *water reservoir*, *boiler*, *heat exchanger*, dan *condenser* (Jamaialahmadi dan Muller-Steinhagen, 2007). Kerak juga dapat terjadi pada industri perminyakan misal pada lubang sumur, rangkaian pompa dalam sumur, *casing*, *flow line*, *manifold*, separator, tangki, dan peralatan produksi lainnya (Syahri dan Sugiharto, 2008). Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substrat.

Pengerakan adalah proses alami yang terjadi karena adanya reaksi kimia antara kandungan-kandungan yang tidak dikehendaki yang terdapat dalam air. Kandungan yang dimaksudkan meliputi alkalin, kalsium, klorid, sulfat, nitrat, besi, seng, tembaga, fosfat, aluminium dll.

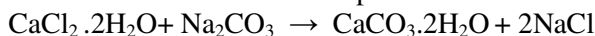
Pembentukan kerak pada dasarnya merupakan fenomena pengkristalan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor tersebut diantaranya kondisi larutan lewat jenuh, laju alir, temperatur, dan kehadiran pengotor juga aditif (Muryanto dkk, 2012).

Dengan adanya timbunan kerak di dalam pipa maka akan menghambat laju aliran yang melewatinya sehingga aliran akan berkurang serta dapat menghambat perpindahan panas dan apabila tidak segera diatasi akan terjadi *overheating* juga menurunkan efisiensi. Selain itu, tekanan pada pipa menjadi semakin tinggi, sehingga kemungkinan pipa akan pecah dan rusak. Timbunan kerak juga memperkecil diameter pipa, sehingga untuk mempertahankan kecepatan transfer tetap seperti semula diperlukan tenaga pemompaan yang lebih besar. Jadi masalah operasional dan teknis dengan adanya kerak akhirnya menjadi masalah finansial juga (Muryanto, 2002).

Sehubungan dengan hal tersebut, yaitu bahwa kerak dapat menimbulkan kerugian-kerugian maka kerak harus dicegah supaya jangan sampai kerak tumbuh atau paling tidak harus dihambat pertumbuhannya. Usaha untuk menekan pertumbuhan kerak bisa dilakukan dengan pengolahan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kerak serta dengan penambahan aditif.

## 2. METODOLOGI

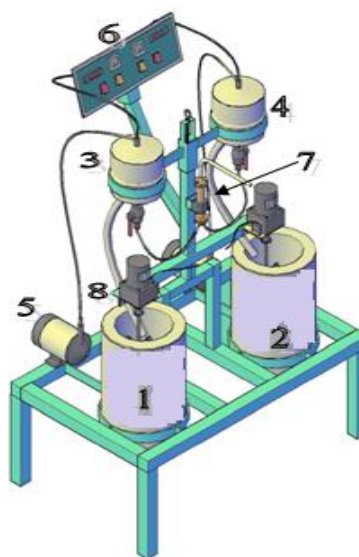
Kristal kalsium karbonat didapatkan dari reaksi :



### 2.1 Bahan Penelitian Dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Kristal  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( *Calcium Chlorid Dehidrad* ) grade : analitik
- Kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( *Natrium Carbonate* ) grade : analitik
- $\text{H}_2\text{O}$  ( *aquades* )
- Asam Malat ( $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6$ ) sebagai aditif



**Gambar 1. Foto alat penelitian (Muryanto dkk, 2012) (kiri), alat penelitian (kanan)**

Keterangan gambar :

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. Bejana bawah $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | 5. Pompa              |
| 2. Bejana bawah $\text{CaCl}_2$          | 6. Temperatur kontrol |
| 3. Bejana atas $\text{Na}_2\text{CO}_3$  | 7. Kupon dan rumahnya |
| 4. Bejana atas $\text{CaCl}_2$           | 8. Mixer              |

### 2.2 Langkah Penelitian

Penelitian yang dilakukan untuk mengkaji pembentukan kerak dalam pada pipa beraliran laminar ini melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

#### 2.2.1 Pengujian Alat

Pengujian pertama yaitu pengujian kecepatan aliran. Pengujian dilakukan dengan mengatur  $\Delta h$  yaitu selisih ketinggian antara permukaan larutan pada bejana 3 dan 4 terhadap saluran

pembuangan atau pengeluaran aliran pada akhir kupon. Dengan demikian alat yang dibuat mempunyai laju alir yang stabil. Dan dalam penelitian ini variasi laju alirnya yaitu 30, 40, dan 50 ml/menit.

*Conductivitymeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan. Keakuratan instrumentasi ini bisa diuji dengan melakukan pengukuran terhadap konduktivitas aquades. Bila *conductivitymeter* menunjukkan angka nol pada waktu mengukur konduktivitas aquades maka instrumen ini akurat, sebab aquades tidak memiliki ion-ion penghantar listrik.

### 2.2.2 Pembuatan Larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ dan asam malat ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ ) sebagai aditif

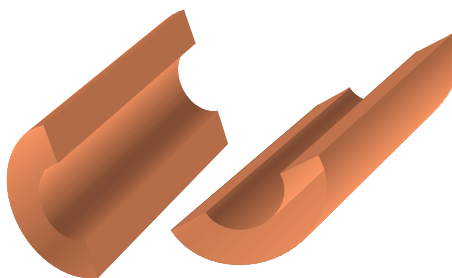
Untuk membuat larutan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , terlebih dahulu dilakukan perhitungan konsentrasi larutan. Untuk penelitian ini menggunakan larutan dengan konsentrasi 3500 ppm.

Setelah didapatkan jumlah kebutuhan senyawa kalsium dan senyawa karbonat mau pun asam malat, langkah selanjutnya adalah pembuatan larutan. Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan larutan yaitu aquades, kertas saringan, bejana dari plastik, gelas ukur, gelas labu takar, timbangan analitik dan pengaduk dari bahan plastik.

Langkah berikutnya adalah melakukan penimbangan kebutuhan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sesuai dengan hasil perhitungan. Kemudian bejana diisi dengan aquades dan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang sudah ditimbang kemudian diaduk. Untuk menghilangkan partikel yang terbawa dalam larutan dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring. Dengan demikian larutan  $\text{CaCl}_2$  telah siap. Langkah yang sama juga dilakukan dalam pembuatan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Sedangkan untuk aditif, setelah ditimbang, aditif dicampurkan ke dalam larutan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang sudah dibuat sebelumnya.

### 2.2.3. Persiapan Kupon

Kupon merupakan komponen yang dipasang pada sistem aliran yang diharapkan disitulah akan terjadi pengendapan kerak kalsium karbonat. Jumlah kupon ada empat dipasang dari bawah ke atas masuk ke rumah kupon. Kupon terbuat dari tembaga yang memiliki panjang 30 mm dengan diameter luar 18 mm dan diameter dalam 12,5 mm.



Gambar 2. Kupon

Sebelum dipasang pada rumahnya terlebih dahulu kupon dipoles hingga permukaan bagian dalam menjadi halus. Selanjutnya dicelupkan ke dalam cairan  $\text{HCl}$  selama 3 menit kemudian dibilas dengan air bersih dan terakhir dibilas dengan aquades. Setelah dikeringkan maka kupon siap dipasang pada rumah kupon.

### 2.2.4 Pengambilan Data

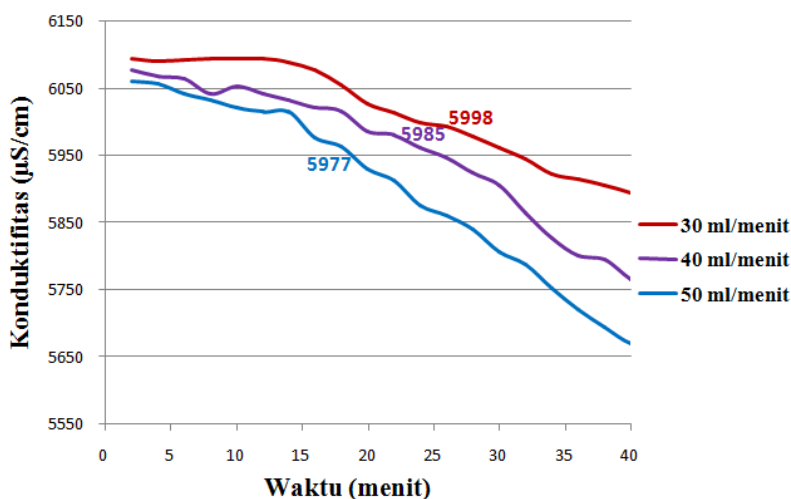
Pengambilan data (percobaan) dilakukan dengan variasi laju alir (30, 40, 50 ml/menit) dan aditif asam malat (3, 5 ppm), dimana tiap variasi laju alir dan aditif dilakukan sebanyak tiga kali percobaan, sehingga total percobaan yang dilakukan sebanyak 8 kali. Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{CaCl}_2$  masing-masing sebanyak lima liter dimasukkan masing-masing ke dalam bejana 1 dan bejana 2.

Setelah itu pompa dihidupkan dan larutan naik mengisi sampai batas atas bejana 3 dan bejana 4 dan kemudian pompa dimatikan. Beberapa saat kemudian pompa dihidupkan kembali dan larutan mulai mengisi kupon, dengan demikian percobaan telah dimulai. Pencatat waktu pada saat yang sama juga diaktifkan dimana setiap dua menit sekali perlu dilakukan pengukuran terhadap konduktivitas larutan. Untuk melakukan pengukuran konduktivitas larutan, larutan yang keluar dari kupon ditampung pada bejana kecil yang terbuat dari plastik dan sesegera mungkin elektroda *conductivitymeter* dimasukkan. *Conductivitymeter* akan mengukur nilai konduktivitas larutan (pembacaan digital mulai berjalan dari nol kemudian naik sampai akhirnya berhenti). Angka yang terakhir inilah yang dicatat, dan seterusnya dilakukan berulang-ulang setiap dua menit. Setelah empat jam, pompa dihentikan dan saluran menuju kupon dilepas. Satu jam kemudian kupon diambil dari rumah kupon dan dikeringkan menggunakan lampu 5 watt. Penimbangan massa kerak dilakukan pada waktu kerak masih menempel pada kupon. Selanjutnya selisih massa kupon dengan kerak dikurangi massa kupon tanpa kerak adalah massa kerak itu sendiri.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Waktu Induksi

Waktu induksi di sini yaitu waktu yang dibutuhkan oleh senyawa kalsium karbonat untuk membentuk inti pertama kali. Induksi dapat diketahui ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas larutan secara tajam, hal ini menunjukkan bahwa ion kalsium telah bereaksi dengan ion karbonat dan mengendap membentuk kerak. Waktu induksi untuk laju alir 30 ml/menit, 40 ml/menit dan 50 ml/menit masing-masing menunjukkan angka yang berbeda. Hal ini bisa dibaca melalui grafik Hubungan antara konduktivitas dengan waktu yang dicantumkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Grafik hubungan antara konduktivitas dengan waktu pada tiga variasi laju alir tanpa aditif**

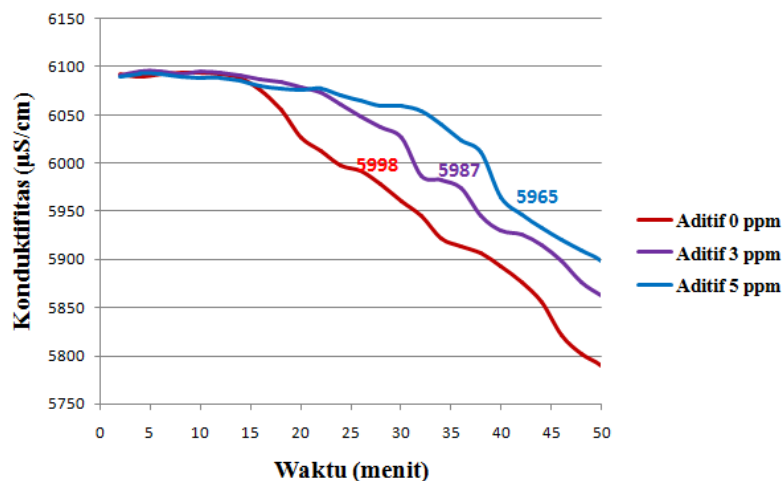
#### 3.1.1 Waktu Induksi Pembentukan Kristal $\text{CaCO}_3$ Tanpa Aditif

Pada grafik di atas terlihat bahwa waktu induksi untuk laju alir 30 ml/menit adalah sebesar 24 menit. Sedangkan untuk laju alir 40 ml/menit waktu induksi sebesar 20 menit dan untuk laju alir 50 ml/menit waktu induksi sebesar 16 menit. Bisa disimpulkan bahwa dalam proses pertumbuhan kerak  $\text{CaCO}_3$ , laju alir mempunyai pengaruh terhadap waktu terbentuknya inti kristal pertama kali. Bentuk pengaruhnya adalah semakin tinggi laju alir maka waktu pembentukan inti kristal akan semakin cepat.

Kerak terbentuk oleh adanya reaksi dan pengendapan antara ion-ion, maka bila semakin banyak ion yang bereaksi dan mengendap akan menjadikan konduktivitas larutan menjadi lebih kecil. Sehingga massa kerak yang terbentuk akan lebih banyak.

Perbedaan nilai konduktivitas menunjukkan bahwa ada kecenderungan perbedaan laju reaksi yang terjadi untuk laju alir 30; 40 dan 50 ml/menit. Berdasarkan data di atas bisa diketahui bahwa

bila laju alir rendah maka laju reaksi juga rendah, sebaliknya bila laju alir tinggi maka laju reaksi akan tinggi pula.



**Gambar 4. Grafik hubungan konduktifitas dengan waktu pada laju alir 30 ml/menit dengan aditif 0 ; 3 dan 5 ppm**

#### 4.1.2 Pengaruh Aditif terhadap Waktu Induksi Pada Laju Alir 30 ml/menit

Kajian ini dimaksudkan untuk mengetahui secara langsung pengaruh dari aditif baik 3 maupun 5 ppm terhadap waktu induksi pada laju alir sama yaitu 30 ml/menit. Untuk itu catatan konduktifitas untuk laju alir 30 ml/menit dijadikan dalam satu grafik, baik tanpa aditif, maupun dengan aditif masing-masing 3 dan 5 ppm, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.

Pada grafik (Gambar 4) terlihat bahwa waktu induksi untuk laju alir 30 ml/menit tanpa aditif sebesar 24 menit, dengan aditif 3 ppm 32 menit dan aditif 5 ppm sebesar 40 menit. Dengan adanya penambahan aditif akan memperpanjang waktu induksi dan menekan atau menurunkan laju reaksi (Singh, N.B. Middendorf, 2007). Penambahan aditif (asam malat) dapat mempengaruhi pertumbuhan inti kristal dikarenakan ion aditif (asam malat) mampu menutup atau membuat lapisan pada permukaan aktif pertumbuhan inti kristal, sehingga akan menghambat laju pembentukan kristal dan mengakibatkan waktu induksi lebih lama lagi.

#### 4. KESIMPULAN

Pada percobaan dengan laju alir 30, 40 dan 50 ml/menit tanpa aditif didapat waktu induksi masing-masing 24, 20 dan 16 menit. Hal ini berarti bahwa meningkatnya laju alir akan mempercepat waktu induksi (mempercepat waktu pembentukan kristal kerak). Terjadi peningkatan waktu induksi pada percobaan dengan laju alir 30 ml/menit dengan penambahan aditif yaitu dari 24 menit menjadi 32 menit untuk penggunaan aditif 3 ppm dan 40 menit untuk penggunaan aditif 5 ppm.

Selain dapat menurunkan laju reaksi, penambahan aditif dapat mempengaruhi pertumbuhan inti kristal dikarenakan ion aditif mampu menutup atau membuat lapisan pada permukaan aktif pertumbuhan inti kristal, sehingga akan menghambat laju pembentukan kristal dan mengakibatkan waktu induksi lebih lama lagi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Jamialahmadi, M., Muller-Steinhagen, M. (2007), *Heat exchanger fouling and cleaning in the dihydrate process for the production of phosphoric acid*, Chemical Engineering Research Design, DOI: 10.1205/cherd06050, pp: 245-255.
- Muryanto, S. (2002), *The role of impurities and additives in the crystallisation of gypsum*, Phd thesis, Curtin University, Perth, Australia.

- Muryanto, S., Bayuseno, A.P., Sediono, W., Mangestiyono, W., Sutrisno (2012), *Development of a versatile laboratory project for scale formation and control*, education for chemical engineers, pp : 1-7.
- Sing, N.B., Middendorf, B. (2007), Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 53, 57 -77.
- Syahri, M., Sugiharto B. (2008), *Scale treatment pada pipa distribusi crude oil secara kimiawi*, Prosiding Seminar Nasional Teknoin, Jurusan teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN, Yogyakarta, Indonesia.